Aus dem Arbeitsphysiologischen Institut der Universität zu Breslau
Direktor Prof. Dr. Adolf Basler

Ueber die Volumenveränderung an den unteren Extremitäten unter verschiedenen Bedingungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Medizin

bei der medizinischen Fakultät

der

Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau

vorgelegt von

Herbert Looke

Verlag Carl Nieft, Bleicherode am Harz

1939

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Breslau

1. Referent: Prof. Dr. Basler.

2. Referent: Prof. Dr. Schrierer.

Dekan: Prof. Dr. Vogt.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Diese Dissertation ist gleichzeitig als Broschüre
im Verlag Carl Nieft, Bleicherode a. H., erschienen

Es ist bekannt, daß bei längerem Stehen, Sitzen oder Hocken eine gewisse Blutmenge ihrer Schwere nach in die abhängigen Körperpartien, die Beine, absinkt und dort eine Volumenvergrößerung der Füße und Unterschenkel bedingt. Sie hält sich normalerweise durch den Tonus der Gefäße in gewissen Grenzen, so daß eine abnorme Blutverteilung im Körper nicht eintritt, ist aber um so größer, je schwächer anatomisch oder funktionell die Blutgefäße sind. Das Verbleiben von Blut in den Beinen ist selbstverständlich, wenn es größere Ausmaße annimmt, für den Organismus nicht gleichgültig, denn die abgesackte Blutmenge geht der Zirkulation verloren, so daß dadurch das Gehirn weniger reichlich mit Blut versorgt wird. Die Folge davon ist das Eintreten von zentralen Ermüdungserscheinungen, die sich bei Menschen mit besonders schwachen Blutgefäßen bei längerem Stehen bis zur Ohnmacht steigern kann. Die Volumenmessung kann daher, wie Atzler und seine Schüler[1]) angeben, als ein wichtiges Mittel zur Eignungsprüfung für solche Leute angesehen werden, die vorwiegend stehende Berufe ausüben oder ausüben wollen.

Die vorliegenden Untersuchungen haben nun den Zweck, mit Hilfe eines von Herrn Prof. Basler gebauten Apparats ein genaueres Bild über die Blutverschiebungen im menschlichen Körper zu schaffen. Das Basler'sche Fußplethysmoskop hat sich durch eine Reihe von Verbesserungen aus der von Atzler und Herbst angegebenen Einrichtung entwickelt.

Es kam mir in meinen Untersuchungen darauf an, u. a. einmal genau festzustellen, wie in den einzelnen Zeitphasen die Blutverschiebung sowohl bei absoluter Ruhe als auch während gleichzeitiger leichter Beschäftigung vor sich geht, welche Kurve sich dabei aufstellen läßt und wie sich ferner Stehen und Gehen zueinander verhalten. Ich versuchte weiterhin zu prüfen, inwieweit verschiedene im Stehen ausgeübte Berufe die Volumenzunahme beeinflussen und führte demgemäß Messungen aus bei Tischlern, Schlossern, Drehern und Wäscherinnen. Zu diesem Zweck ging ich in die einschlägigen Betriebe und maß das Beinvolumen vor, während und nach der Arbeit. Dabei beobachtete ich auch, welchen Einfluß die Arbeitspause auf das Beinvolumen ausübte.

[1]) G. Lehmann, bei E. Atzler, „Körper und Arbeit" S. 329 (365) 1927.

Bevor ich mit den näheren Ausführungen meiner Untersuchung beginne, soll einiges über die Meßapparatur und die Meßtechnik gesagt werden.

Beschreibung der Apparatur.

Der wichtigste Bestandteil des von mir benutzten Fußplethysmoskops (siehe Abb. 1), das auf einem mit 2 Holzleisten unterlegten Brett (Br) von 5 cm Höhe und 35 × 35 cm Größe steht, ist ein Blechkasten. Seine Bodenfläche ist 15 cm breit und 35 cm lang, er verjüngt sich in 16 cm Höhe, so daß die obere Öffnung nur 15 × 15 cm beträgt. Dadurch wird der wasserfassende Raum verkleinert und der Apparat für die Messung empfindlicher.

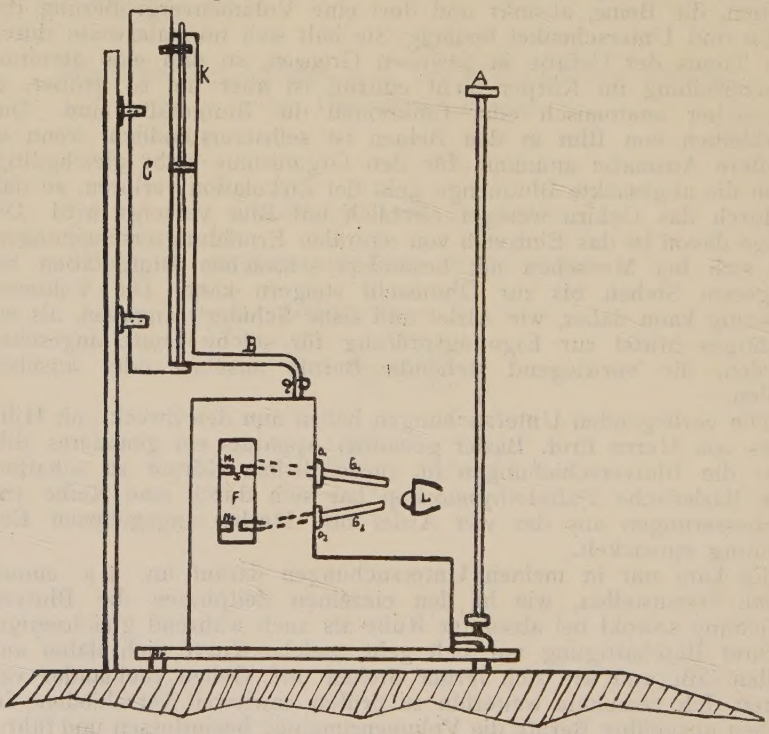

Abb. 1: Apparat von der Seite

An der Seite ist ein Glasfenster (F) angebracht, durch das der Wasserspiegel beobachtet werden kann. Auf dieses Glasfenster sind 2 Markierungsstreifen (M_1 und M_2) aus schwarzem Papier so aufgeklebt, daß der untere eine Wasserhöhe von 8,5 Ltr., der obere von

11 Ltr. anzeigt. Beide Streifen sind in der Mitte durch einen ca. 3 mm breiten Schlitz (S) durchbrochen, durch den man bei zufließendem Wasser den Meniskus des Wasserspiegels heraufkommen sieht. Zu beiden Markierungsstreifen führen 2 Glasstäbe (G_1 und G_2), die nach dem Prinzip des Basler'schen „Lichtleiters" gebogen, in die vordere Kastenwand mit Hilfe je eines abdichtenden Korkes (O_1 und O_2) eingelassen sind und von der Stirnseite her von einer Lichtquelle (L) beleuchtet werden. Dieser zweite untere Lichtleiter (G_2) bedeutet gegenüber dem ursprünglichen Basler'schen Modell[2]) eine wesentliche Verbesserung, wenn es sich darum handelt, Reihenuntersuchungen vorzunehmen.

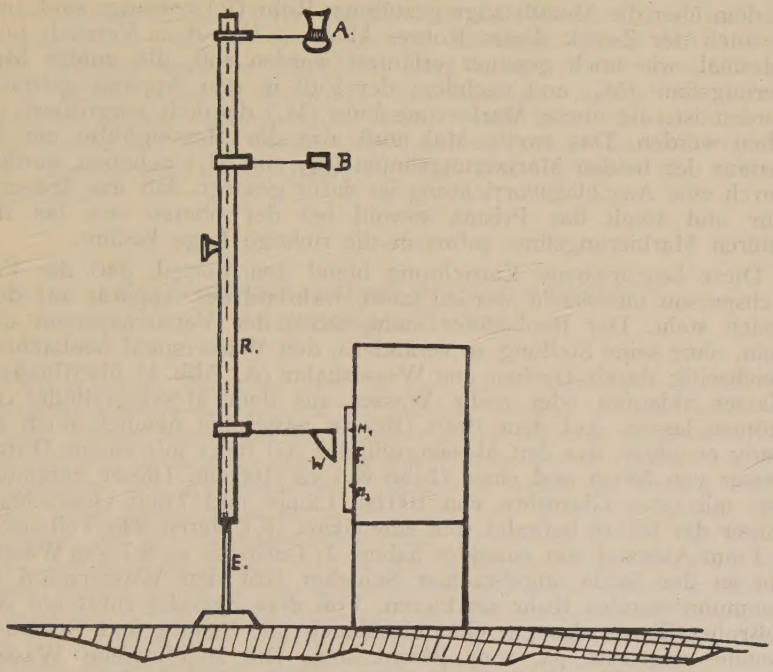

Abb. 2: Apparat von vorn

In etwa 5 cm Abstand vor dem Fenster steht auf dem Brett (Br) der senkrechte 150 cm lange Eisenstab (E, Abb. 2), der zur Montierung der gesamten, gleich zu beschreibenden Optik bestimmt ist. Da aber sämtliche Teile des Systems, ohne ihre Lage zueinander zu verändern, auf- und abbewegt werden müssen, sind sie nicht unmittelbar auf der Stange selbst angeschraubt, sondern an ein darüber ge-

[2]) A. Basler, Zeitschrift für Biologie Band 88, S. 527, Jahrg. 1929.

stülptes Messingrohr befestigt. — Hier scheint mir die gegebene Stelle, um einiges über die optische Einrichtung zu sagen. Vor dem Markierungsstrich (M_1) des Fensters (F, Abb. 2) steht das Reversionsprisma (W, Abb. 2) so, daß ein von oben auf das Prisma blickendes Auge gerade in der Mitte des Gesichtsfeldes den Markierungsstrich (M_1) sehen kann. Um aber die Abbildung genauer zu gestalten, ist etwa in Augenhöhe der stehenden Person das Okular (A) und etwa 20 cm tiefer das Objektiv (B) eines Keplerschen Fernrohres befestigt. Dadurch sieht der Beobachter die Markierungslinie und ihre Umgebung verkehrt und vergrößert. Okular, Objektiv und Prisma sind die oben flüchtig erwähnten optischen Einrichtungen, die an dem über die Metallstange gestülpten Rohr (R) befestigt sind. Jetzt ist auch der Zweck dieses Rohres klar. — Vor dem Versuch muß jedesmal, wie noch genauer erläutert werden soll, die untere Markierungslinie (M_2) und nachdem der Fuß in den Apparat gebracht worden ist, die obere Markierungslinie (M_1) deutlich vergrößert gesehen werden. Das zweite Mal muß also die Messinghülse um die Distanz der beiden Markierungslinien (M_2 und M_1) gehoben werden. Durch eine Anschlagsvorrichtung ist dafür gesorgt, daß das Messingrohr und somit das Prisma sowohl bei der oberen wie bei der unteren Markierungslinie sofort in die richtige Lage kommt.

Diese beschriebene Einrichtung bietet den Vorteil, daß die Versuchsperson untersucht werden kann, während der Apparat auf dem Boden steht. Der Beobachter steht neben der Versuchsperson und kann, ohne seine Stellung zu verändern, den Wasserstand beobachten, gleichzeitig durch Drehen am Wasserhahn (A, Abb. 1) überflüssiges Wasser ablaufen oder mehr Wasser aus dem Messingzylinder zuströmen lassen. Auf dem Brett (Br) ist außerdem nämlich noch ein Stativ errichtet, das den Messingzylinder (C) trägt mit einem Durchmesser von 58 cm und einer Höhe von ca. 100 cm. Dieser kommuniziert mit einer Glasröhre von 100 cm Länge und 7 mm Querschnitt. Hinter der Röhre befindet sich eine Skala (K), deren 935 Teilstriche je 1 mm Abstand von einander haben. 1 Teilstrich = 2,7 ccm Wasser. Ein an der Skala angebrachter Schieber läßt den Wasserstand im kommunizierenden Rohr markieren. Von dem Zylinder führt ein Abflußrohr (B), an das ein Gummischlauch mit Pipette und Schlauchklemme angesetzt ist, zum Blechkasten. Die zugeflossene Wassermenge kann ebenfalls von dem Beobachter ohne Änderung seiner aufrechten Stellung an der Skala des Zylinders abgelesen werden.

Damit habe ich alles, was über das Instrumentarium zu sagen war, erläutert.

Gang der Untersuchung.

Ich füllte den Zylinder und das Plethysmoskop mit Wasser von 28—30° C und stellte den Wasserspiegel bei letzterem so ein, daß er

mit der obersten Kante des unteren Markierungsstreifens abschnitt. Dann ließ ich die Versuchsperson auf einen Stuhl setzen und den Fuß ins Wasser so eintauchen, daß sie mit der Ferse und Wade die hintere Wand leicht berührte, den Fuß aber platt auf den Boden aufsetzte. Darauf stellte ich mit einem an der Skala angebrachten Schieber den momentanen Wasserstand in der Glasröhre ein, zog das Prisma zum oberen Markierungsstreifen und ließ aus dem Zylinder soviel Wasser zu, bis ich den Wasserspiegel mit dem oberen Rande des oberen Markierungsstreifens abschneiden sah. Dann notierte ich mir die zugeflossene Wassermenge. Nun wurde der Fuß wieder herausgenommen und ich ließ das Prisma zur unteren Markierung herab. Unter Kontrolle der Optik brachte ich den Wasserspiegel auf den Ausgangspunkt zurück, wobei ich mit der linken Hand den Abflußhahn bequem bediente. Innerhalb ganz kurzer Zeit konnte ich auf diese Weise mehrere Personen hintereinander untersuchen. Nach längerem Stehen oder nach der Arbeit wiederholte ich die Messung und konnte auf diese Weise die Volumenzunahme durch Vergleich der zugeflossenen Wassermengen aus dem Zylinder (C, Abb. 1) bestimmen.

Die Volumenzunahme des Unterschenkels bei ruhigem Stehen.

Meine ersten Versuche bezogen sich darauf, festzustellen, wie die Volumenzunahme des Beines bei ruhigem Stehen vor sich geht. Zu diesem Zweck wurde die Versuchsperson 20 Minuten lang horizontal gelagert und danach die Messung des Unterschenkels in der oben beschriebenen Art vorgenommen. Daraufhin stand die Person ruhig, ohne ihre Beinmuskulatur nennenswert zu bewegen, neben dem Apparat. Sie brauchte also nach einer Viertelstunde, als ich wieder maß, ihre Stellung weiter nicht zu verändern, da sie nur den Fuß vom Boden abheben und in den Blechkasten eintauchen mußte. Es findet bekanntlich durch die Muskelbewegung gewissermaßen ein Massieren des Blutes nach dem Herzen hin statt, so daß das Volumen durch größere Beinbewegung kleiner wird. Diese Volumenänderung wurde bei genannter Versuchsanordnung auf ein Minimum beschränkt. Nach einer Viertelstunde ergab sich eine Volumenzunahme von 27 ccm (1,35%). Darauf nahm die Person den Fuß wieder aus dem Plethysmoskop heraus und stand wie vorher eine weitere Viertelstunde, was eine neue Zunahme von 27 ccm zur Folge hatte. Eine Stunde später war das Volumen noch um 13,5 ccm größer geworden und nach der folgenden Viertelstunde stieg es um weitere 10,8 ccm. Auf dieser Höhe blieb es annähernd weiterhin stehen. Innerhalb von 1¾ Stunden hatten sich also der Unterschenkel und Fuß um 78,3 ccm, das sind 3,4%, vergrößert, und zwar betrug in der ersten halben Stunde die Zunahme mehr als das Doppelte gegenüber der gesamten

Volumenzunahme. Daß die Volumenzunahme in der Hauptsache durch die Blutverschiebung bedingt war, geht aus dem Umstande hervor, daß bei Hochlagerung der Beine gleich der alte Umfang wieder vorhanden war.

Um jeden Einfluß von aktiven Muskelkontraktionen auszuschließen, führte ich auch weitere Versuche in der Art aus, daß die Versuchsperson ohne ihr Zutun aufgerichtet wurde. Sie wurde horizontal auf ein Brett gelagert, das, in der Mitte unterstützt, um 90° der Länge nach drehbar ist. Dieses Brett, auf dem die Versuchsperson lag, war am Fußende mit einem senkrechten Brett versehen, das beim Stehen als Unterlage für die Füße diente. Das Plethysmoskop kann man bei diesen Untersuchungen allerdings nicht verwenden. Deshalb bediente ich mich, um bei dieser Versuchsreihe die Volumenzunahme beurteilen zu können, einer ganz anderen Methode. Solange die Versuchsperson horizontal lag, wurde um die untere Hälfte des Unterschenkels und um den halben Fuß ein nicht zu fest liegender Gipsverband angelegt. Nach Festwerden des Gipses schnitt ich den Verband mit einem Messer so auf, daß die Schnittlinien an der medialen und lateralen Unterschenkel- und Fußseite entlang geführt wurden, wobei die Schnittflächen keine gröberen Unebenheiten zeigen durften und gut aufeinander passen mußten. Damit die Haut nicht durch das Messer verletzt wurde, hatte ich vorher dort, wo die Schnitte geführt werden sollten, je einen Lederstreifen auf das Bein gelegt. Nach Abnahme der oberen Gipsschale paßte ich sie wieder genau auf die untere und legte um beide Teile des Verbandes zwei dünne elastische Gummiringe, um sie zu fixieren. Es kann vorkommen, daß beim Anlegen des Gipsverbandes durch das Anziehen der Gipsbinden doch etwas Blut aus dem Bein herausgedrängt wird. Das verdrängte Blut kehrt nach Aufschneiden des Verbandes in den Unterschenkel zurück und die beiden Schalen klaffen auch, so lange die Versuchsperson noch liegt. Das muß im Versuch natürlich berücksichtigt werden. Ich markierte jetzt auf beiden Seiten je 3 Punkte des entstandenen Spaltes mit den Buchstaben A B C auf der einen und A_1 B_1 C_1 auf der anderen Seite, maß den Abstand beider Schalen voneinander in eben diesen Punkten mit einem Zirkel und notierte die gefundenen Werte. Darauf befestigte ich unter der Sohle des anderen Beines einen Holzklotz und drehte vorsichtig das Brett um 90°, so daß die Person mit dem nichteingegipsten Beine auf den Holzklotz zu stehen kam, während das andere Bein frei herabhing. Während der Drehung des Brettes wurde genau darauf geachtet, daß sich die Gipsschalen nicht durch etwaiges Anstoßen oder durch Muskelbewegung des eingegipsten Unterschenkels gegeneinander verschoben. Beide Schalen standen bei horizontaler Lage durchschnittlich um 4 mm voneinander ab, sofort nach der Aufrichtung um durchschnittlich 7,85 mm auf jeder Seite. Es ergibt sich also eine Zunahme des Spaltes von durchschnittlich 3,8 mm. Daraufhin ließ ich die Versuchsperson eine halbe Stunde lang mit dem Gipsverband stehen und maß nach einer Viertelstunde wieder den Abstand.

Er betrug bei A = 13 mm
B = 11 mm
C = 12 mm
A_1 = 14 mm
B_1 = 10 mm
C_1 = 4 mm

Der Durchschnittswert machte hier 11,5 mm aus, was gegenüber der vorigen Messung eine Zunahme von 3,6 mm bedeutet. Nach einer weiteren Viertelstunde maß ich unter den gleichen Bedingungen

bei A = 14 mm
B = 13 mm
C = 13 mm
A_1 = 24 mm
B_1 = 11 mm
C_1 = 12 mm

d. h. es ergab sich ein Durchschnittswert des Spaltes von 14,5 mm und eine Vergrößerung von 3 mm gegenüber dem vorausgegangenen Messungsergebnis. Setzt man die einzelnen Resultate in Beziehung zueinander, so ergibt sich, daß die durchschnittliche Spaltvergrößerung in den einzelnen Zeiten während einer halben Stunde eine ziemlich gleichmäßige ist. Wenn nun diese Werte mit denen verglichen werden, die sich bei derselben Versuchsperson mit der volumetrischen Methode nach ruhigem Stehen ergaben, so entspricht die Vergrößerung des Spaltes von 3,6 mm nach einem viertelstündigen Stehen einer Volumenzunahme von 27 ccm. Nach einer halben Stunde ruhigen Stehens nahm im volumetrischen Versuch das Beinvolumen um weitere 27 ccm zu. Im Gipsversuch verbreiterte sich der Spalt um weitere 3 mm. Sieht man von dem geringen Unterschied von $^6/_{10}$ mm ab, den man wohl als innerhalb der Fehlergrenze liegend betrachten darf, so findet man, daß die Messungsergebnisse beider Untersuchungsmethoden zu bestimmten Zeiten einander entsprechen, nämlich:

Nach $^1/_4$ Stunde 27 ccm = 3,3 mm,
nach $^1/_2$ Stunde 27 ccm = 3,3 mm.

Dieses Resultat unterstreicht aber nur die Brauchbarkeit der Versuchsmethode.

Ablauf der Volumenzunahme kurz nach dem Aufrichten.

Aus dem soeben mitgeteilten Versuch dürfte zur Genüge hervorgehen, daß die mit dem Fußplethysmoskop gewonnenen Ergebnisse von zufälligen, durch das Aufstehen bedingten Muskelkontraktionen nicht beeinflußt werden. Aber die Gipsversuche sind noch aus einem anderen Grunde von großer Bedeutung. Die Bestimmung der Volumenzunahme durch Wasserverdrängung gestattet kein Urteil über die ersten Minuten nach dem Aufstehen. Diese Lücke läßt sich durch die Beobachtungen am Gipsverband ersetzen. Obwohl die Drehung nicht länger als eine halbe Minute in Anspruch nahm, beobachtete ich, daß sofort nach Aufrichten der Person der Spalt

erheblich größer geworden war. Die Messungsergebnisse vor und nach dem Aufrichten sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

Meßpunkt	Klaffen des Spaltes	
	Während des Liegens	sofort nach dem Aufrichten
A	0 mm	8 mm
B	1 mm	7 mm
C	5 mm	10 mm
A_1	10 mm	10 mm
B_1	5 mm	7 mm
C_1	3 mm	5 mm

Aus der Gegenüberstellung der in der Tabelle angegebenen Werte geht hervor, daß sofort nach dem Senken des Beines und Erheben des Körpers eine rapide Volumenzunahme des Unterschenkels erfolgt, die dann auch weiterhin zu beobachten ist, allerdings mit allmählich abnehmender Beschleunigung. Wenn auch die Verbreiterung des Spaltes keine direkte zahlenmäßige Auskunft über die Volumenzunahme gibt, so kann man doch aus dem gezeigten gleichen Verhältnis der Messungsergebnisse beider Methoden schließen, daß die sofortige Volumenzunahme ungefähr genau so groß sein muß, wie die nach viertelstündigem Stehen. Sie muß also ca. 27 ccm betragen. Aus diesen Tatsachen und Überlegungen heraus läßt sich folgende Kurve (s. nebenstehend Abb. 3) über die Volumenzunahme des Unterschenkels bei ruhigem Stehen nach vorheriger Horizontallage aufstellen. Nach einem steilen Anstieg in der ersten halben Stunde wird die Kurve dann flacher und bleibt ungefähr auf der nach 1¾ Stunden erreichten Höhe stehen. Wenn auch die Werte, auf Grund derer die Kurve aufgestellt ist, nur eine bedingte Genauigkeit besitzen, so stimmen immerhin, wie aus Obigem hervorgeht, für ein und dieselbe Versuchsperson die Werte, die durch verschiedene Messungsmethoden gewonnen wurden, mit befriedigender Genauigkeit überein.

Der Einfluß des Gehens auf das Volumen des Beines.

Die Muskelbewegung des Beines wirkt der statischen Blutverschiebung entgegen. Durch die Kontraktion der Skelettmuskeln wird bekanntlich ein Druck auf die blutgefüllten Venen ausgeübt, der einen Verschluß der distalen und ein Öffnen der proximalen Gefäßklappen zur Folge hat und das zwischen den beiden Klappen enthaltene Blut in der Richtung nach dem Herzen hin weiterbefördert. Beim ruhigen Stehen haben die treibende Kraft des Herzens und die saugende Wirkung des rechten Vorhofes allein für die Beförderung des Venenblutes zu sorgen. Diese beiden Momente sind aber dafür nicht ausreichend, was sich darin zeigt, daß eine gewisse Blutmenge in den Beinen zurückbleibt, wodurch das Volumen derselben zunimmt.

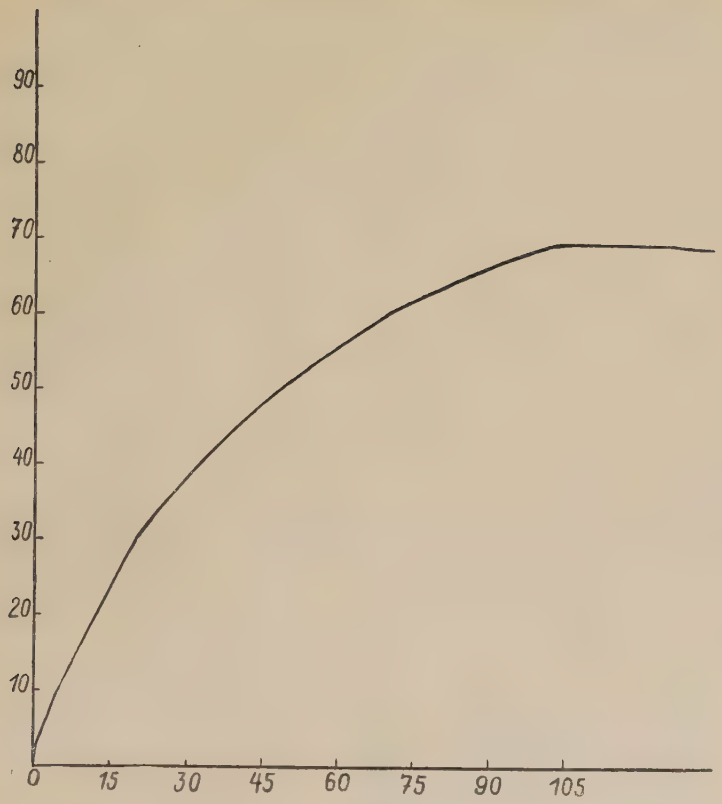

Abb. 3

In welchem Maße das Gehen eine durch ruhiges Stehen verursachte Volumenzunahme des Beines rückgängig zu machen vermag, soll folgender Versuch zeigen: Der Unterschenkel wird nach 20 Min. horizontaler Lagerung der Versuchsperson mittels des Plethysmoskops gemessen. Darauf steht die Person eine halbe Stunde lang ruhig, und das Volumen wird wieder festgestellt. Anschließend an diese Messung wird eine halbe Stunde lang in gemächlichem Tempo gegangen und darauf eine dritte Untersuchung des Beinvolumens vorgenommen. Es ergibt sich, daß die Anschwellung des Unterschenkels, die durch das Stehen verursacht worden ist, sich um 33—36% durch das Gehen vermindert hat. Dreht man die Versuchsanordnung um und läßt man die Person zunächst ½ Stunde gehen und dann anschließend stehen, so sieht man nach dem Stehen eine Größenzunahme von 35—40% gegenüber dem Volumen nach dem Gehen.

Je länger und anstrengender gewandert wird, um so mehr nähert sich das Beinvolumen dem Normalwert, d. h. der Größe, die es nach einer viertelstündigen Horizontallage aufweist. Das zeigte die Untersuchung, die ich an einem Manne nach einem 25-km-Gepäckmarsch ausführte. Ich stellte dabei fest, daß die Volumenzunahme nur 0,4% betrug, während dieselbe Person nach nur einstündigem Stehen eine Zunahme von 3,7% aufzuweisen hatte. Durch die dauernden kräftigen Muskelkontraktionen war es demnach praktisch zu keiner Blutansammlung in den Beinen gekommen. Diese beiden antagonistischen Momente, ruhiges Stehen einerseits und Gehen andererseits, beeinflussen das Beinvolumen bei jeder vorwiegend im Stehen ausgeführten Tätigkeit in dem Sinne, daß sie dauernd in Wechselwirkung treten und bald eine Volumenzunahme, bald eine Abnahme verursachen. Dabei muß man nämlich bedenken, daß jede im Stehen ausgeführte Betätigung immer mit gewissen, wenn auch kleinen Gehbewegungen einhergeht. Um dieses wechselvolle Spiel näher zu untersuchen, ließ ich die Versuchsperson, auf die sich meine bisherigen Angaben bezogen, eine leichte Arbeit verrichten von vorwiegend stehendem Charakter, die aber mitunter kurzes Hin- und Hergehen erforderte. In Abständen von je einer Viertelstunde nahm ich dann Messungen der Wasserverdrängung durch das Bein vor, nachdem ich das Volumen unmittelbar nach viertelstündiger horizontaler Lagerung bestimmt hatte. Ich beobachtete dabei die Versuchsperson genau, ob sie in der betreffenden Viertelstunde vorwiegend gestanden oder öfters hin- und hergegangen war. Das Ergebnis der Messung war, bezogen auf den Vergleichswert, folgendes:

Nach der 1. Viertelstunde	Zunahme	des Volumens	um	16,2 ccm
Nach der 2. Viertelstunde	Abnahme	des Volumens	um	10,8 ccm
Nach der 3. Viertelstunde	Zunahme	des Volumens	um	16,2 ccm
Nach der 4. Viertelstunde	Zunahme	des Volumens	um	5,4 ccm
Nach der 5. Viertelstunde	Abnahme	des Volumens	um	10,2 ccm
Nach der 7. Viertelstunde	Zunahme	des Volumens	um	5,4 ccm
Nach der 8. Viertelstunde	Zunahme	des Volumens	um	2,7 ccm

Darauf ließ ich die Versuchsperson anschließend eine Viertelstunde ruhig stehen, was eine Volumenzunahme von 27 ccm verursachte, d. h. 1,35%, während nach den 2 Stunden Tätigkeit zum Schluß eine Zunahme von nur 0,9% zu verzeichnen war. Abnahme und Zunahme in dem Versuch stimmten mit dem vorwiegenden Gehen oder Stehen bei der Tätigkeit überein.

Einfluß verschiedener Berufsarbeiten auf das Beinvolumen.

Auf Grund der beschriebenen Ergebnisse mußte es ganz interessant sein, einmal festzustellen, welchen Einfluß die verschiedenen Berufe, die schlechthin als „stehende" Berufe bezeichnet werden, auf die Blutverschiebung im Körper ausüben, und es war ursprünglich meine Absicht, diejenigen Berufe herauszufinden, bei denen die

Volumenzunahme der Beine nach der Arbeit am größten ist. Meine ersten Messungen nahm ich an Metalldrehern und Schlossern vor.

Die Tätigkeit eines Drehers ist im landläufigen Sinne durchaus als eine „stehende" Beschäftigung anzusehen. Wenn man sie aber unter dem Gesichtswinkel der oben beschriebenen Untersuchungen betrachtet, ist dies streng genommen nicht der Fall. Der Arbeiter steht nämlich nicht die ganze Arbeitszeit hindurch in dem Maße, daß es auch nur annähernd zu einer maximalen Volumenzunahme käme wie im Versuch bei ruhigem Stehen. Er steht zwar viel vor seiner Drehbank, aber er hat durch Herbeiholen von Material, Wegschaffen des Fertiggestellten und durch andere kleine Gänge im Bereiche seines Arbeitsplatzes Gelegenheit genug, um seine Beinmuskulatur so zu bewegen, daß es zu keiner übermäßigen Blutansammlung in den unteren Extremitäten kommt. Meine Messungen führte ich in folgender Reihenfolge aus:

1. vor der Arbeit,
2. vor der ½ stündigen Mittagspause,
3. nach der Pause,
4. nach Feierabend.

Die Mittagspause verbrachte der Arbeiter sitzend in einem Raum, der im Nebengebäude zwei Stockwerke hoch lag. Da sich die Werkstatt im 1. Stock befand, war der Arbeiter veranlaßt, in der Pause reichlich Treppen zu steigen. Ich betone das deshalb, weil ich später bei den Ausführungen über den Einfluß der Arbeitspause auf das Volumen noch einmal näher darauf zurückkommen werde. — Bei zwei von den Arbeitern konnte ich die Betätigung während der Arbeitszeit genau beobachten und sie mit den Messungs-Resultaten vergleichen. Dabei stellte ich bei beiden das Gleiche fest, daß nämlich, wie im Laboratoriumsversuch, das Beinvolumen ab- oder zugenommen hatte, je nachdem der Arbeiter vorwiegend gestanden oder mehr hin- und hergegangen war. Bei dem einen handelte es sich um einen 33 jährigen Metalldreher, der 18 Jahre in dem Berufe stand und an dessen Unterschenkel sich geringe Krampfadern zeigten. Die Volumenzunahme betrug:

Nach der Vormittagsarbeit	37,8 ccm	(1,7%)
nach der Pause	8,1 ccm	(0,36%)
nach der Nachmittagsarbeit	24,3 ccm	(1,1%)

Dieser Arbeiter hatte, wie ich mich überzeugte, am Vormittag mehr auf einer Stelle gestanden als am Nachmittag.

Die zweite Person war ein Lehrling, 15 Jahre alt, seit ¾ Jahren in diesem Berufe. Er war mit Abfeilen von Eisengegenständen beschäftigt, mußte aber während der Arbeitszeit öfters Gänge machen und war deshalb viel unterwegs. In der Mittagspause fuhr er eine größere Strecke auf dem Fahrrade. Die Messungen ergaben:

Nach der Arbeit am Vormittag Volumenzunahme von	24,3 ccm	(1,2%)
nach der Pause Volumenzunahme von	0,0 ccm	(0%)
nach der Arbeit am Nachmittag Volumenzunahme von	21,6 ccm	(1,1%)

Diese Person zeigte offenbar durch ihre größere Bewegungsmöglichkeit eine geringere Zunahme als die vorige. Auffallend ist hierbei ferner, daß die Vergrößerung des Beinvolumens, die sich aus 4-stündiger Tätigkeit ergab, in der ½-stündigen Pause vollständig zurückgegangen ist. Da dies bei den anderen Arbeitern nicht der Fall war, muß das Radfahren als Ursache dafür angesehen werden.

Die dritte Person, die ich untersuchte, war ein 49 Jahre alter Dreher, der mäßige Krampfadern aufwies. Er stand seit 11 Jahren in diesem Berufe. Nach der Vormittagsarbeit zeigte sich bei ihm eine Volumenzunahme von 10,8 ccm (0,5% des Volumens, gemessen vor der Arbeit). Nach der Pause war das Bein um 8,1 ccm abgeschwollen. Der Meßwert hatte sich dem Ausgangsvolumen wesentlich genähert, so daß nach der Pause nur noch 0,1% Zunahme gegenüber am Morgen zu verzeichnen war. Als ich nach Feierabend zum letzten Male maß, ergab sich eine Zunahme von 30 ccm (1,36%). Dies bedeutet eine rund 3-mal größere Volumenvermehrung gegenüber dem Vormittag, allerdings ist zu sagen, daß sich am Unterschenkel leichte Ödeme nachweisen ließen, was auf pathologische Verhältnisse hindeutet.

Obwohl man bei dem als ausgesprochen stehend angesehenen Berufe eines Metalldrehers und Schlossers eine große Volumenzunahme hätte annehmen können, betrug doch die größte Zunahme des Beines, die überhaupt vorkam, nur 37,8 ccm (1,72%). Bei ruhigem Stehen würde dieser Wert schon nach ca. 25 Minuten erreicht sein.

Weitere Untersuchungen nahm ich an Tischlern vor und maß hier das Beinvolumen außer den oben angegebenen Zeiten auch vor und nach einer halbstündigen Frühstückspause. Beide Tischler hatten ungefähr das gleiche Alter von 28 Jahren. Da der eine an verhältnismäßig starken Krampfadern litt, konnte ich sofort den Einfluß dieser pathologischen Erscheinung auf die Blutverschiebung nach den Beinen hin feststellen. Zu erwähnen wäre noch, daß der Raum, in dem die Arbeiter sich während der Pause aufhielten, dicht neben der Werkstatt zu ebener Erde lag, so daß der Weg dahin nur wenige Schritte betrug. Während der Pause saßen die Leute ruhig da. —

Zunächst seien die Ergebnisse beschrieben bei dem Arbeiter mit normalen Beinen, d. h. ohne Krampfadern.

Die Volumenzunahme betrug vor der 1. Pause 1,7%
Die Volumenzunahme betrug nach der 1. Pause 2,2%
Die Volumenzunahme betrug vor der 2. Pause 1,0%
Die Volumenzunahme betrug nach der 2. Pause 1,2%
Die Volumenzunahme betrug nach Feierabend 0,6%

Die verhältnismäßig geringe Volumenzunahme am Nachmittag war sicherlich darauf zurückzuführen, daß der Arbeiter vor der letzten Messung auf dem Fahrrad gefahren war.

Bei der Person mit Krampfadern betrug die Volumenzunahme

vor der 1. Pause	0,5%
nach der 1. Pause	1 %
vor der 2. Pause	0,3%
nach der 2. Pause	0,5%
nach Feierabend	0,4%

Bei der Betrachtung der beiden Ergebnisse fällt einmal auf, daß in der Pause das Volumen stärker zunimmt, als bei der Arbeit. Bei den Metalldrehern hat es sich gezeigt, daß durch den Einfluß der Pause die Volumenzunahme beträchtlich zurückgegangen war, so daß fast das Ausgangsvolumen wieder erreicht wurde. Bei den Tischlern tritt das Gegenteil ein. Die Ursache ist darin zu suchen, daß bei den Metalldrehern durch die reichliche Muskeltätigkeit beim Treppensteigen aus den Beinen das Blut ausgepumpt wurde, daß also nicht das ruhige Sitzen während der Mittagspause den vorwiegenden Einfluß ausübte, sondern die Bewegung. Bei den Tischlern, die vom Arbeitsplatz weg sich sofort setzten und ausruhten, fiel dieses Moment weg und die Folge davon war, daß in der Pause das Volumen gegenüber der Arbeit mit ihrer Muskelbewegung zunahm. Hier zeigte es sich, daß die Arbeit günstiger als die Pause in Beziehung auf die Blutverschiebung wirkte. Bei dem Messungsergebnis fällt weiterhin auf, daß merkwürdigerweise die Volumenzunahme bei der Person mit Krampfadern geringer war als bei der anderen. Man hat zweifellos die Vorstellung, daß in den erweiterten Venen mehr Blut sich ansammeln muß als in den normalen Blutgefäßen. Dies ist auch der Fall, nur ist es so, daß bei den schlaffen Gefäßwänden mit den insuffizienten Klappen schon ein ganz kurzes Ruhigstehen, z. B. während des Einstellens des Apparates, genügt, um die oberflächlichen Venen fast maximal mit Blut zu füllen. Es ist daher erklärlich, daß eine größere Erweiterung dieser Gefäße bei einer stehenden Beschäftigung nur noch in geringem Maße möglich sein kann. Andererseits wird auch bei Muskelbewegung das Volumen nicht ebenso gut abnehmen können, wie bei normalen Gefäßen, da zwar auch das Blut heraufgepumpt wird, aber ein gewisser Teil dennoch infolge der Insuffizienz der Venenklappen wieder zurücksinkt. Die geringe Volumenzu- und -abnahme bei Krampfadern bei den Untersuchungen läßt sich wohl auf diese Weise erklären.

Die Messungsergebnisse bei den verschiedenen Arbeitern und im Laboratoriumsversuch haben mir gezeigt, daß man nicht ohne weiteres sagen kann, in welchem Berufe die Volumenzunahme am größten ist, daß sie z. B. bei Schlossern größer sei als bei Tischlern. Bei ein und demselben Berufe können die verschiedensten Ergebnisse herauskommen. Einzig und allein maßgebend ist es, ob der Arbeiter dauernd oder vorwiegend ruhig an einem Platz steht, oder ob er bei seiner Tätigkeit gezwungen ist, hin- und herzugehen. (Dazu kommen natürlich auch individuelle Verschiedenheiten.) Es kann z. B. in einer Schlosserei der eine feilen und dauernd auf einer Stelle stehen, der andere auswärts gehen, um Türschlösser zu reparieren. Beide sind

zwar Schlosser, aber arbeiten unter ganz verschiedenen Bedingungen und werden sich daher auch ganz verschieden in Bezug auf ihre Beinvolumenzunahme nach der Arbeit verhalten. Auf der anderen Seite zeigen die Untersuchungen, daß man geneigt ist, die meisten stehenden Berufe bezüglich des Einflusses auf die Blutverschiebungen zu hoch einzuschätzen. Es ist wohl so, daß die kleinen Muskelbewegungen, die sich bei den meisten stehenden Tätigkeiten ergeben, ausreichend sind, um eine übermäßige statische Blutverschiebung nach den Beinen hin zu verhindern.

An dieser Stelle möchte ich es nicht versäumen, dem Personalchef der Mercedes-Benz-Werke, Breslau, Herrn Langer und Herrn Major Delventhal, dafür zu danken, daß sie mir freundlicherweise ermöglichten, meine Untersuchungen an Arbeitern in den Werkstätten vornehmen zu können.

Volumenzunahme des Unterschenkels in Beziehung zur Schwangerschaft.

Die Tatsache, daß in der Schwangerschaft eine allgemeine Auflockerung der Gewebe stattfindet, legte die Vermutung nahe, daß auch die Gefäßwände der unteren Extremitäten in dieser Zeit nachgiebiger werden. Folglich mußte bei schwangeren Frauen, die eine vorwiegend stehende Betätigung ausüben, das Beinvolumen im Verhältnis zu dem der Nichtschwangeren größer werden. Um diese Frage zu klären, führte ich Messungen in der Waschanstalt der Universitätskliniken aus, wo neben berufsmäßigen Wäscherinnen auch Hausschwangere aus der Universitätsfrauenklinik, die ungefähr alle im 9. Monat der Gravidität standen, beschäftigt waren. Die Tätigkeit, die am meisten in diesem Betriebe mit Stehen verbunden war, bestand im Einlegen von Wäschestücken in die Heißmangel. Die Messungen führte ich vor und nach der Arbeit am Vormittag aus, die bei Schwangeren 3 Stunden, bei Nichtschwangeren 5 Stunden betrug. Die Art der Arbeit war auch hier wieder so, daß zwar die Arbeiterinnen vorwiegend standen, aber doch öfters vor der Heißmangel hin- und hergehen mußten. Das Ergebnis der Messungen zeigte eine Volumenzunahme bei den Nichtschwangeren von durchschnittlich 1,17%, 1,84%, 1,40%, 1,87%, d. h. 1,57% im Durchschnitt. Die beiden verhältnismäßig hohen Werte von 1,84% und 1,87% sind vielleicht darauf zurückzuführen, daß es sich in beiden Fällen um Frauen handelte, die schon zweimal geboren hatten. Man kann annehmen, daß infolge der beiden durchgemachten Schwangerschaften sicherlich die Gefäßwände nachgiebiger geworden waren, so daß die erhöhte Volumenzunahme möglich war. Nimmt man die genannten beiden Fälle als Besonderheiten aus der Rechnung heraus, so ergibt sich bei den Nichtschwangeren eine Volumenzunahme von durchschnittlich 1,28%. Zu erwähnen wäre noch, daß ich bei einer Arbeiterin den sehr hohen Wert von 9,04% erhielt. Sie hatte einmal

geboren und bemerkte schon seit langer Zeit, daß ihre Knöchel immer nach der Arbeit stark angeschwollen waren. Tatsächlich konnte ich auch Ödeme an den Unterschenkeln nachweisen. Dieser Fall ist daher wohl als pathologisch anzusehen und braucht hier nicht weiter berücksichtigt zu werden. Bei den einzelnen schwangeren Frauen stellte ich nach der Arbeit eine Volumenzunahme von 2,83%, 2,43%, 2,45%, 1,17%, 1,61% fest. Der Durchschnittswert betrug hier 2,00%. Das bedeutet gegenüber dem Gesamtdurchschnittswert bei den Nichtschwangeren einen Unterschied von 0,4% oder, wenn man die Herausnahme der oben beschriebenen besonderen Fälle gelten läßt, einen Unterschied von 0,72% (17 ccm). Es zeigt sich also, daß die Volumenzunahme bei schwangeren Frauen mit vorwiegend stehender Tätigkeit eine größere ist als bei Nichtschwangeren.

Schließlich kann man noch die Ergebnisse der Volumenzunahme bei Männern und Frauen in stehenden Berufen miteinander vergleichen. Es scheint mir dafür die Gegenüberstellung der Metalldreher und Wäscherinnen am geeignetsten, da die Arbeitszeit beider Gruppen am Vormittag eine durchgehende und gleichlange war. Die durchschnittliche Volumenzunahme bei den männlichen Arbeitern ergab 1,18%, bei den weiblichen Nichtschwangeren 1,60%. Es besteht demnach ein Unterschied, der in diesem Falle 0,42% beträgt, im Sinne einer größeren Blutsenkung bei den Frauen.

Noch einmal kurz zusammenfassend, ergaben also meine Untersuchungen:

1. Die Blutverschiebung nach den unteren Extremitäten bei längerem Stehen wurden mit der durch das Bein bedingten Wasserverdrängung untersucht.
2. Um die sofort nach einer Lageveränderung auftretende Blutverteilung feststellen zu können, habe ich um das Bein der Versuchsperson einen Gipsverband gelegt, der aufgeschnitten wurde. Das Auseinanderweichen der Gipsschalen bei der Lageveränderung der Versuchsperson zeigte die Volumenzunahme des Beines an.
3. Beim Aufrichten des Körpers aus der horizontalen Lage in die vertikale Stellung kam es zu einer raschen Zunahme des Beinvolumens.
4. Die weitere Blutsenkung erfolgte in der ersten halben Stunde ziemlich schnell, später langsamer und blieb auf einer gewissen Stufe stehen.
5. Durch ergiebige Muskeltätigkeit wurde die Blutverschiebung nach den Beinen hin fast aufgehoben.
6. Bei vorwiegend stehender Beschäftigung genügte die geringe Bewegung der Beinmuskulatur, um die Volumenzunahme ganz erheblich einzuschränken.

7. Nicht das ruhige Sitzen in der Arbeitspause, sondern die Betätigung der Beinmuskulatur in der Pause war geeignet, eine während der Arbeit entstandene Volumenzunahme annähernd rückgängig zu machen.
8. Bei Beurteilung des Berufes bezüglich der Blutverschiebung scheint es nach meinen Erfahrungen nicht so sehr auf die Art des Berufes an sich anzukommen, als vielmehr darauf, ob die einzelne Betätigung des Arbeiters mehr mit ruhigem Stehen oder Gehen verbunden ist.
9. In der Schwangerschaft war die Volumenzunahme bei vorwiegend stehender Beschäftigung größer.
10. Die Blutverschiebung nach den unteren Extremitäten war bei Frauen im allgemeinen größer als bei Männern.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, Herrn Prof. Dr. Basler für die Überlassung des Themas sowie für die wertvollen Anregungen, die er mir bei der Ausfertigung der Arbeit zuteil werden ließ, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Am 5. Mai 1912 wurde ich in Dürr-Kunzendorf Kr. Neiße geboren. Nach fünf Jahren Grundschule besuchte ich das Gymnasium in Glatz und legte 1932 dort mein Abitur ab. Dann studierte ich in Breslau, Rostock und Würzburg Medizin. In Würzburg bestand ich 1934 die ärztliche Vorprüfung, in Breslau im Dezember 1937 das Staatsexamen.

Druck: Carl Nieft, Bleicherode am Harz, Spezialwerkstätten für wissenschaftliche Arbeiten